

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Karakteristik Air Baku**

Air baku merupakan air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah, maupun air hujan yang telah memenuhi persyaratan sebagai air baku untuk keperluan air minum. Sumber air baku tersebut dapat berupa danau, sungai, sumur dalam, maupun mata air. Air baku memegang peranan yang sangat penting dalam industri penyediaan air minum, karena karakteristik air baku akan menentukan jenis dan tahapan proses pengolahan yang diperlukan guna menghasilkan air minum yang sesuai dengan standar kualitas yang berlaku (Nainggolan et al., 2019).

Ketentuan mengenai standar kualitas air minum di Indonesia diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 tentang persyaratan kualitas air minum. Air minum yang didistribusikan harus memenuhi mutu yang baik, yakni tidak memiliki rasa, bau, warna. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023, standar baku mutu air secara nasional diklasifikasikan ke dalam empat kelas, diantaranya:

a. Kelas I

Air yang dapat dimanfaatkan sebagai air baku untuk air minum serta peruntukkan lainnya yang menuntut mutu air setara dengan kebutuhan tersebut

b. Kelas II

Air yang dapat digunakan untuk kegiatan prasarana dan sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan, pengairan lahan pertanian, serta keperluan lain yang memerlukan kualitas air sejenis

c. Kelas III

Air yang diperuntukkan bagi kegiatan budidaya ikan air tawar, peternakan, irigasi lahan pertanian, maupun peruntukan lain yang memerlukan kualitas air serupa

d. Kelas IV

Air yang dapat digunakan untuk pegaia tanaman serta keperluan lain yang memiliki persyaratan mutu air sejenis.

Dalam kegiatan perencanaan sistem pengolahan air minum, air baku yang digunakan berasal dari air permukaan sungai citarum. Air dari sungai ini memiliki sejumlah karakteristik tertentu yang menjadi pertimbangan dalam proses perencanaan

### **2.1.1 Parameter fisik**

Parameter fisik merujuk pada sifat-sifat fisik air yang dapat dikenali melalui indra penglihatan, penciuman, dan perasa, sehingga cukup mudah diidentifikasi bahkan oleh masyarakat awam. Adapun parameter-parameter fisik yang dimaksud meliputi:

a. Bau

Kehadiran bau dalam air minum merupakan hal yang tidak diinginkan oleh masyarakat. Bau menjadi salah satu indikator kualitas air, misalnya bau amis yang bisa timbul akibat keberadaan alga. Berdasarkan keputusan menteri kesehatan republik indonesia nomor 2 tahun 2023, syarat air minum yang layak dikonsumsi adalah tidak memiliki bau (Lestari, 2012)

b. Rasa

Pada umumnya, air minum bersifat tawar atau tidak memiliki rasa, apabila air menunjukkan rasa tertentu, hal tersebut dapat mengindikasikan adanya kandungan zat tertentu yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia. Sesuai dengan keputusan menteri kesehatan republik indonesia nomor 2 tahun 2023, air minum yang layak dikonsumsi adalah air yang tidak berasa.

c. Suhu

Suhu air berperan penting dalam menjaga kestabilan ekosistem perairan. Suhu ideal adalah suhu netral, karena suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat pelarutan zat-zat kimia dari pipa atau saluran yang berisiko membahayakan kesehatan. umumnya , suhu air diukur dalam satuan derajat celcius atau fahrenheit. Berdasarkan keputusan menteri kesehatan

republik indonesia nomor 2 tahun 2023, suhu maksimum yang diperbolehkan untuk air minum adalah 30, suhu pengukuran pada sampel air dapat dilakukan menggunakan termometer.

d. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikroorganisme lain. Zat anorganik yang menyebabkan kekeruhan berupa pelapukan batuan dan logam, sedangkan zat organik berasal dari lapukan hewan dan tumbuhan. Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Yang dimana semakin tinggi nilai padatan tersuspensi maka semakin tinggi pula nilai kekeruhan, begitupun sebaliknya.

e. TSS

TSS (Total Suspended Solid) merupakan senyawa berbentuk padat yang tersuspensi berada di dalam air. Padatan ini dapat berasal dari mineral-mineral misalnya silt, pasir yang sangat halus, lempung, atau dari zat hasil penguraian jasad makhluk hidup. TSS juga dapat berasal dari mikroorganisme seperti plankton, bakteri, alga, virus, dan lain-lainnya. TSS menyebabkan kekeruhan atau warna dalam air (Said, 2017). TSS adalah bahan tersuspensi yang mengakibatkan kekeruhan air, terdiri dari pasir halus, lumpur, serta jasad-jasad renik yang berasal dari kikisan tanah atau erosi yang terbawa badan air (Effendi, 2003).

### **2.1.2 Parameter Kimiawi**

Karakter kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisis oleh karena itu dibutuhkan sebuah penelitian terlebih dahulu untuk mengetahui zat-zat yang terkandung didalamnya. Parameter kimiawi yang terdapat di dalam air adalah sebagai berikut:

a. pH

pH (Power of Hydrogen) menunjukkan adanya konsentrasi ion hidrogen dalam air yang dapat menjelaskan derajat keasaman suatu perairan (Effendi, 2003). Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan

biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air dengan pH ekstrim sulit diolah secara biologi. Jika pH tidak diolah sebelum dialirkan, maka air akan mengubah pH secara alami. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2003).

b. DO

Dissolved Oxygen (DO) adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesis dan absorpsi atmosfer atau udara. DO di suatu perairan sangat berperan dalam proses penyerapan makanan oleh makhluk hidup dalam air. Untuk mengetahui kualitas air dalam suatu perairan, dapat dilakukan dengan mengamati beberapa parameter kimia seperti DO. Semakin banyak jumlah DO, maka kualitas air semakin baik. Jika kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah akan menimbulkan bau yang tidak sedap akibat degradasi anaerobik yang mungkin saja terjadi (Salmin, 2005).

c. BOD

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida dan air. Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol besar daripada kadar bahan organik. Sebaliknya, perairan rawa memiliki kadar bahan organik yang lebih besar daripada kadar bahan anorganik terlarut (Effendi, 2003).

d. COD

Chemical Oxygen Demand atau COD adalah jumlah bahan organik yang ada pada air limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan/larutan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD ultimate meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia, zat anorganik yang dioksidasi dikromat

meningkatkan kandungan organik pada sampel, zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD, nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat. Hubungan antara COD dan BOD mempengaruhi proses pengolahan air limbah. Rasio BOD/COD dari air limbah adalah berkisar dari 0.3 sampai 0.8. Dimana jika rasio  $BOD/COD \geq 0.5$  maka air limbah dapat diolah menggunakan proses biologi. Sedangkan jika rasio  $BOD/COD < 0.3$  maka tidak dapat diolah menggunakan proses biologis karena memungkinkan terdapat banyak senyawa racun yang dapat membunuh bakteri.

### **2.1.3 Parameter Biologi**

Analisis Bakteriologi suatu sampel air bersih biasanya merupakan parameter kualitas yang paling sensitif. Kedalam parameter mikrobiologis ini hanya dicantumkan koliform tinja dan total koliform.

#### **a. Total coliform**

Sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan coliform tidak termasuk bakteri patogen (Cut Khairunnisa, 2012). Coliform termasuk golongan mikroorganisme yang sering digunakan sebagai indikator air. Bakteri ini mampu menentukan apakah suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak (Adrianto, 2018).

Total coliform adalah kelompok bakteri yang termasuk di dalamnya bakteri jenis aerob dan fakultatif anaerobik, dimana merupakan bakteri gram negatif. Sebagian besar bakteri total coliform adalah heterotrophic dan dapat bertambah jumlahnya di air dan tanah. Total coliform juga dapat bertahan dan bertambah banyak jumlahnya di sistem distribusi air, terutama jika kondisinya memungkinkan. Keberadaan total coliform dapat berasal dari tinja manusia atau hewan dan dapat pula berada secara

alamiah di dalam air. Total coliform hanyalah sebagai indikator yang digunakan untuk mengindikasikan bahwa bisa saja terdapat mikroba lain dalam air tersebut, misalnya mikroba patogen seperti Giardia, Cryptosporidium, E.coli, dan lain-lain (Asyina dkk, 2019).

## **2.2 Standar Kualitas Air Baku**

Standar Kualitas Air Baku di Indonesia dapat dilihat pada PP No. 22 tahun 2021 dan juga Peraturan menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 Tentang peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan lingkungan. Air baku ini berasal dari air sungai atau sumber air baku lainnya yang harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih, tidak berwarna dan berbau dan layak untuk 10 didistribusikan kepada masyarakat luas. Kualitas air baku dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. Kelas satu, air yang berfungsi dipergunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas dua, air yang berfungsi dapat digunakan untuk sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan tawar, peternakan, air untuk mengairi taman, dan atau untuk kegunaan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi taman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

**Tabel 2.1** Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya

| No | Parameter                          | Unit         | Kelas 1 | Kelas 2 | Kelas 3 | Kelas 4 | Keterangan                                                   |
|----|------------------------------------|--------------|---------|---------|---------|---------|--------------------------------------------------------------|
| 1. | Derajat keasaman (pH)              |              | 6-9     | 6-9     | 6-9     | 6-9     | Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alamnya) |
| 2. | Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD) | mg/L         | 2       | 3       | 6       | 12      |                                                              |
| 3. | Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)    | mg/L         | 10      | 25      | 40      | 80      |                                                              |
| 4. | Oksigen terlarut (DO)              | mg/L         | 6       | 4       | 3       | 1       | Batas minimal                                                |
| 5. | Padatan terlarut tersuspensi (TSS) | mg/L         | 4       | 50      | 100     | 400     |                                                              |
| 6. | Total coliform                     | MPN / 100 ml | 1000    | 5000    | 10000   | 10000   |                                                              |

(Sumber: Lampiran VI PP Nomor 22 Tahun 2021)

Pada tugas perancangan bangunan pengolahan air ini digunakan standar kualitas air kelas 1, dikarenakan pada perancangan ini dilakukan hingga air dapat dimanfaatkan air baku air minum dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Selain itu juga menggunakan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 yakni dalam bab 2 terdapat standar parameter wajib air minum, sebagai berikut:

**Tabel 2.2** Parameter Wajib Air Minum

| No | Jenis Parameter | Kadar Maksimum yang diperbolehkan | Satuan     | Metode Pengujian |
|----|-----------------|-----------------------------------|------------|------------------|
| 1. | Total Coliform  | 0                                 | CFU/100 ml | SNI/APHA         |
| 2. | Warna           | 10                                | TCU        | SNI/APHA         |
| 3. | Bau             | Tidak berbau                      |            | APHA             |
| 4. | pH              | 6,5 - 8,5                         |            | SNI/APHA         |

(Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023)

## **2.3 Bangunan Pengolahan Air Baku**

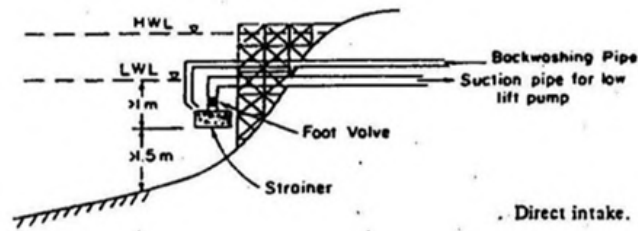
### **2.3.1 Intake**

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (intake):

1. Penempatan bangunan penyadap (intake) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain lain);
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (up lift);
4. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;
6. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime) minimal 25 tahun;
9. Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007).

Menurut (Kawamura, 2000), bangunan intake memiliki tipe yang bermacam macam, antara lain:

1. Bangunan Penyadap Langsung (Direct Intake)  
Digunakan untuk sumber air seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. Intake jenis ini memungkinkan terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan di bagian dasarnya.

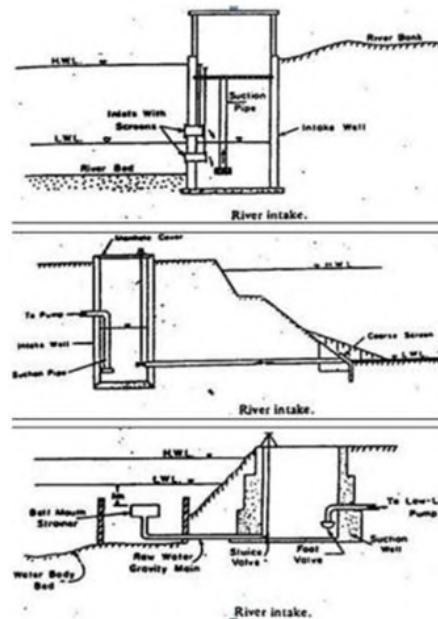


**Gambar 2.1** Direct Intake

Sumber: (Kawamura, 2000)

## 2. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (Indirect Intake)

- a. River Intake Menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.

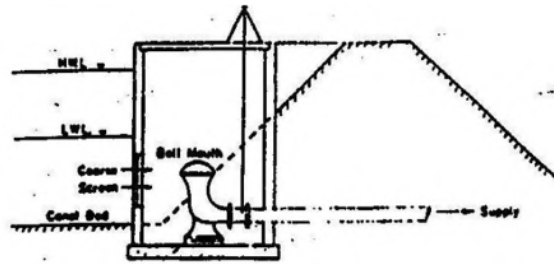


**Gambar 2.2** River Intake

Sumber: (Kawamura, 2000)

- b. Canal Intake

Digunakan untuk air yang berasal dari kanal. Dinding chamber sebagian terbuka ke arah kanal dan dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya.

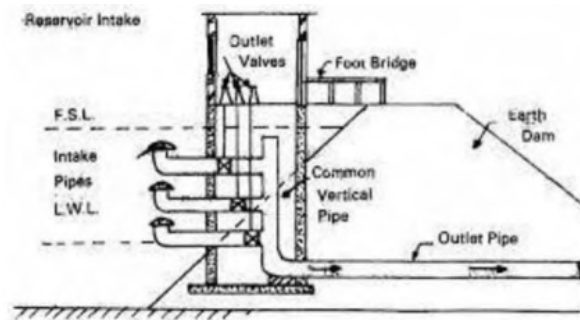


**Gambar 2.3** Canal Intake

Sumber: (Kawamura, 2000)

c. Reservoir Intake

Digunakan untuk air yang berasal dari bendungan dan mudah menggunakan menara intake. Menara intake dengan bendungan dibuat terpisah dan diletakkan di bagian hulu. Untuk mengatasi fluktuasi level muka air, maka inlet dengan beberapa level diletakkan pada menara.



**Gambar 2.4** Reservoir Intake

Sumber: (Kawamura, 2000)

Adapun kriteria perencanaan yang digunakan dalam mendesain dan menghitung unit intake.

**Tabel 2.3** Koefisien Kekasaran Pipa Berdasarkan Hazen-Williams

| Jenis Pipa                                 | Nilai Kekasaran Pipa (C) |
|--------------------------------------------|--------------------------|
| <i>Extremely smooth and straight pipes</i> | 140                      |

| <b>Jenis Pipa</b>                      | <b>Nilai Kekasaran Pipa (C)</b> |
|----------------------------------------|---------------------------------|
| <i>New Steel or Cast Iron</i>          | 130                             |
| <i>Wood, Concrete</i>                  | 120                             |
| <i>New Riveted Steel; vitrified</i>    | 110                             |
| <i>Old Cast Iron</i>                   | 100                             |
| <i>Very Old and Corroded Cast Iron</i> | 80                              |

(Sumber: Evett & Liu, 1987)

**Tabel 2.4** Nilai k untuk Kehilangan Energi

| <b><i>Valve, Fittings, and Specials</i></b> | <b><i>K Value</i></b> |
|---------------------------------------------|-----------------------|
| <i>Entrance, suction bell (32 in) 81 cm</i> | 0,004                 |
| <i>90° elbow (24 in) 61 cm</i>              | 0,3                   |
| <i>Gate valve (20 in) 51 cm</i>             | 0,19                  |
| <i>Reducer (14 in) 35,5 cm</i>              | 0,25                  |
| <i>Check valve (20 in) 51 cm</i>            | 2,5                   |
| <i>90° elbow (20 in) 51 cm</i>              | 0,3                   |
| <i>Gate valve (20 in) 51 cm</i>             | 0,19                  |
| <i>Tee (20 in x 20 in) 50 cm x 50 cm</i>    | 1,8                   |

(Sumber: Qasim, 2000)

**Tabel 2.5** Faktor Minor Losses Bar

| <b>Bentuk</b>                                                     | <b>Nilai Minor Losses (<math>\beta</math>)</b> |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <i>Shape edge rectangular</i>                                     | 140                                            |
| <i>Rectangular with semicircular up stream face circular</i>      | 130                                            |
| <i>Circular</i>                                                   | 120                                            |
| <i>Rectangular with semicircular upstream and downstream face</i> | 110                                            |
| <i>Tear shape</i>                                                 | 100                                            |

(Sumber: Qasim, 2000)

### **2.3.2 Bar Screen (Coarse Screen dan Fine Screen)**

Screening atau biasa disebut dengan bar screen digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran  $> 0,5 - 1$  cm agar tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003). Padatan yang disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang screen untuk disimpan, dikeringkan, dan diakumulasi/dipadatkan sebelum akhirnya dibuang.

Peran utama screening adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran air yang mampu merusak peralatan unit pengolahan berikutnya, mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan, dan mencemari saluran air. Pada umumnya screen dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. Saringan sebagai penggunaan umum dapat dipakai untuk memisahkan berbagai macam benda padat dengan ukuran besar yang terdapat pada air baku, misalnya seperti kertas, plastik, kayu dan lainnya.

Screen atau saringan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu saringan kasar dan saringan halus. Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain barrack atau bar screen, coarse woven-wire screen dan communitor. Saringan halus memiliki bukaan 2,3 – 6 mm, halus pembersihannya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe screen yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 2007). Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan bar screen antara lain adalah:

- a. Kecepatan atau kapasitas rencana
- b. Jarak antar Bar
- c. Ukuran bar (batang)
- d. Sudut inklinasi
- e. *Headloss* yang diperbolehkan

Adapun jenis dari bar screen adalah fine screen (saringan halus) dan coarse screen (saringan kasar). Sedangkan menurut mekanisme operasinya terdapat 2 jenis bar screen yaitu dengan pembersihan manual dan mekanik (Reynolds & Richards, 1995). Umumnya unit bar screen dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi miring ke arah masuknya air (inlet) dengan kemiringan 30°-45° dari horizontal (Metcalf & Eddy, 2003). Tebal batang biasanya 5-15 mm dengan jarak antar batang 25-50 mm yang diatur sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter/limbah yang diinginkan. Bar screen dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (S. R. Qasim, 1985).



**Gambar 2.5** Bar screen pembersihan manual

Sumber: <https://eec.oregonstate.edu/screening>



**Gambar 2.6** Bar screen pembersihan mekanik

Sumber: <https://eec.oregonstate.edu/screening>

Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain screen dengan pembersihan secara manual maupun mekanik baik coarse screen maupun fine screen.

**Tabel 2.6** Kriteria Desain untuk Bar Screen

| Kriteria Desain                                         | Pembersihan Manual | Pembersihan Mekanis |
|---------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Kecepatan aliran melalui screen (m/det)                 | 0,3 - 0,6          | 0,6 - 1,0           |
| Ukuran bar (batang)                                     |                    |                     |
| a) Lebar (mm)                                           | 4 - 8              | 8 - 10              |
| b) Tebal (mm)                                           | 25 - 50            | 50 - 75             |
| Jarak antar bar (batang) (mm)                           | 25 - 75            | 75 - 85             |
| Slope dengan horizontal (derajat)                       | 45 - 60            | 75 - 85             |
| <i>Headloss</i> yang diperbolehkan, clogged screen (mm) | 150                | 15                  |
| Maksimum headloss, clogged screen (mm)                  | 800                | 800                 |

(Sumber : Nusa Idaman said, 2007)

### 2.3.3 Prasedimentasi

Prasedimentasi biasa digunakan untuk menghilangkan partikel padat seperti kerikil dan pasir yang berasal dari air sungai sebelum dipompa ke unit pengolahan. Prasedimentasi merupakan salah satu unit pada bangunan pengolahan air minum yang umumnya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan. Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah rectangular dan circular serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah overflow rate,  $v_h$  horizontal ( $v_h$ ), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996). Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

1. Zona Inlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminar).

2. Zona Pengendapan

Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel - partikel diskrit di dalam air buangan.

3. Zona Lumpur

Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

4. Zona Outlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000).



**Gambar 2.6** Tampak Samping Unit Prasedimentasi

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain: detention time,

over flow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.6** Desain Tipikal Prasedimentasi

| <i>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</i> |                        |               |        |                                   |         |     |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|--------|-----------------------------------|---------|-----|
| <i>Detention time</i>                                              | h                      | 1,5-2,5       | 2      | h                                 | 1,5-2,5 | 2   |
| <i>Overflow rate</i>                                               |                        |               |        |                                   |         |     |
| <i>Average flow</i>                                                | gal/ft <sup>2</sup> .d | 800-1200      | 1000   | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d | 30-50   | 40  |
| <i>Peak hourly flow</i>                                            | gal/ft <sup>2</sup> .d | 2000-3000     | 2500   | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d | 80-120  | 100 |
| <i>Weir loading</i>                                                | gal/ft.d               | 10.000-40.000 | 20.000 | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d | 125-500 | 250 |
| <i>Primary settling with waste activated-sludge return</i>         |                        |               |        |                                   |         |     |
| <i>Detention time</i>                                              | h                      | 1,5-2,5       | 2      | h                                 | 1,5-2,5 | 2   |
| <i>Overflow rate</i>                                               |                        |               |        |                                   |         |     |
| <i>Average flow</i>                                                | gal/ft <sup>2</sup> .d | 600-800       | 700    | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d | 24-32   | 28  |
| <i>Peak hourly flow</i>                                            | gal/ft <sup>2</sup> .d | 1200-1700     | 1500   | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d | 48-70   | 60  |
| <i>Weir loading</i>                                                | gal/ft.d               | 10.000-40.000 | 20.000 | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d | 125-500 | 250 |

Sumber : Metcalf & Eddy (2003, hal. 398)

#### 2.3.4 Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air).

Sumber lain menjelaskan bahwa aerasi adalah suatu proses atau usaha dalam menambahkan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air limbah, agar proses oksidasi biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik. Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah:

1. Penambahan jumlah oksigen.
2. Penurunan jumlah carbon dioxide (CO<sub>2</sub>).

3. Menghilangkan hydrogen sulfide ( $H_2S$ ), methane ( $CH_4$ ), dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. Penurunan jumlah karbon dalam air sehingga bisa berbentuk dengan kalsium karbonat ( $CaCO_3$ ) yang dapat menimbulkan masalah.

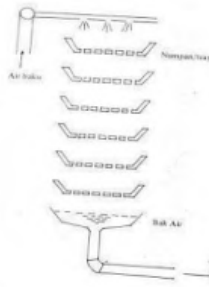
Aerasi secara luas telah digunakan untuk pengolahan air yang mempunyai kandungan jumlah besi dan mangan terlalu tinggi zat tersebut memberikan rasa pahit pada air, menghitamkan pemasakan beras dan memberikan noda hitam kecoklat-coklatan pada pakaian yang dicuci.

Oksigen yang berada di udara, melalui proses aerasi ini akan selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa ferus dan manganous terlarut merubah menjadi ferri ( $Fe$ ) dan manganic oxide hydrate yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sedimentasi) atau penyaringan (filtrasi). Perlu dicatat bahwa oksidasi terhadap senyawa besi dan mangan di dalam air yang kecil (waterfall aerators/aerator air terjun). Atau dengan mencampur air dengan gelembung gelembung udara (bubble aerator). Dengan kedua cara tersebut jumlah oxygen pada air bisa dinaikan 60 – 80% (dari jumlah oksigen yang tertinggi, yaitu air yang mengandung oksigen sampai jenuh) pada aerator air terjun (waterfall aerator) cukup besar bisa menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam air.

Penurunan carbon dioxide ( $CO_2$ ) oleh waterfall aerators cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat corrosive. Pengolahan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan saringan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan. Jenis-Jenis Metode Aerasi, antara lain :

- a. Waterfall Aerator

Pengolahan air aerasi dengan metoda Waterfall/Multiple aerator seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil.

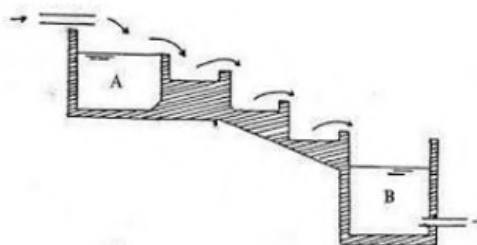


**Gambar 2.7** Multiple Tray Aerator

Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lobang - lobang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m /detik per m<sup>2</sup> permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray-tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan-lempengan absetos cement berlobang-lobang, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel.

b. Cascade Aerator

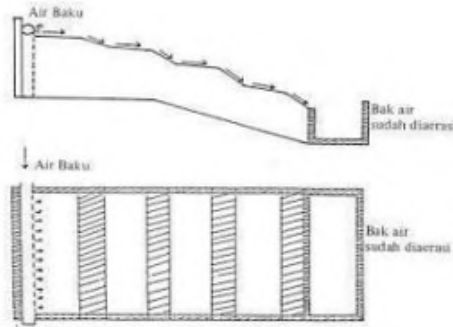
Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira- kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m<sup>3</sup>/det per meter<sup>2</sup>. Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan tray aerators, ruang ( tempat ) yang diperlukan bagi cascade aerators agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



**Gambar 2.8** Cascade Aerator

c. Submerged Cascade Aerator

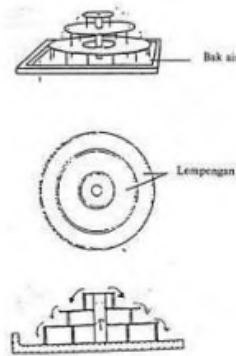
Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air. Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 05 m<sup>3</sup> /det per meter luas.



**Gambar 2.9** Submerged Cascade Aerator

d. Multiple Platform Aerator

Memakai prinsip yang sama, lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh udara terhadap air.

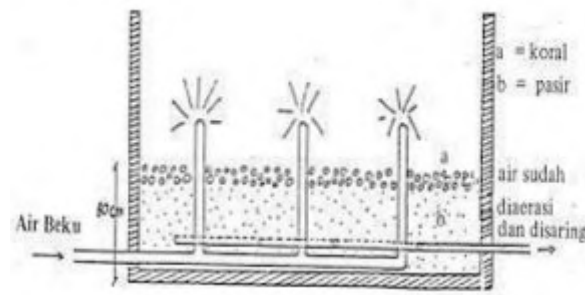


**Gambar 2.10** Multiple Platform Aerator

e. Spray Aerator

Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (Stationary nozzles) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara di sekeliling pada kecepatan 5-7 m /detik. Spray aerator sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air ke arah bawah melalui

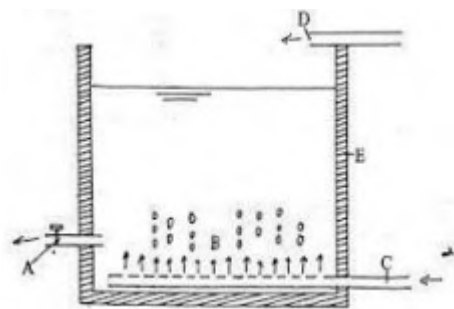
batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15-20 mm. piringan melingkar ditempatkan beberapa sentimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nozzle untuk spray aerator bentuknya bermacam-macam, ada juga nosel yang dapat berputar-putar. Dibandingkan dengan cascade aerator, spray aerator tidak memerlukan banyak ruang serta mempermudah dalam mengontrol kebutuhan suplai oksigen.



**Gambar 2.11** Spray Aerator

f. Bubble Aerator

Jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi bubble (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m<sup>3</sup> udara/m<sup>3</sup> air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



**Gambar 2.12** Bubble Aerator

g. Multiple Tray Aerator

Multiple Tray Aerator terdiri dari suatu rangkaian bak yang disusun seperti rak (tray) dan dilubangi pada bagian dasarnya. Air dialirkan dari puncak

berupa air terjun kecil yang kemudian didistribusikan secara merata pada masing-masing rak (tray) dan kemudian dikumpulkan pada suatu bak di bagian dasarnya (collecting ponds). Pemerataan distribusi air di atas tray sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 26 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalis dari mangan oksida.

Multiple Tray Aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan dimana terdapat pencemaran udara, maka efektivitas dan efisiensi dari unit akan berkurang, karena terjadi kontaminasi dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur-unsur tertentu yang ingin dihilangkan.

### **2.3.5 Koagulasi – Flokulasi**

Menurut Reynolds dan Richards (1996), koagulasi-flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi kesatuan proses tak terpisahkan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan. Proses ini berlanjut dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal  $Al^{3+}$ ) dengan ion negatif dari partikel (misal  $OH^-$ ) dan antara ion positif dari partikel (misal  $Ca^{2+}$ ) dengan ion negatif dari koagulan (misal  $SO_4^{2-}$ ) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat).

Segera setelah terbentuk inti flok, diikuti oleh proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat.

**Tabel 2.7** Jenis-Jenis Koagulan dalam Pengolahan Air

| <b>Nama</b>                  | <b>Formula</b>                                  | <b>Bentuk</b>   | <b>Reaksi dengan Air</b> | <b>pH Optimum</b> |
|------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|
| Aluminium Sulfat             | $Al_2(SO_4)_3 \cdot x H_2O$<br>$x = 14, 16, 18$ | Bongkah, bubuk  | Asam                     | 6,0-7,8           |
| Sodium Aluminate             | $Na_2Al_2O_4$                                   | Bubuk           | Basa                     | 6,0-7,8           |
| Polyaluminium Chloride (PAC) | $Al_n(OH)_mCl_{3-nm}$                           | Cairan, bubuk   | Asam                     | 6,0-7,8           |
| Ferric Sulfate               | $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9 H_2O$                     | Kristal halus   | Asam                     | 4 - 9             |
| Ferri Klorida                | $FeCl_3 \cdot 6H_2O$                            | Bongkah, cairan | Asam                     | 4 - 9             |
| Ferro Sulfat                 | $FeSO_4 \cdot 7H_2O$                            | Kristal halus   | Asam                     | > 8,5             |

(Sumber : Sugiarto, 2006)

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak.

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan yaitu:

1. Pengaruh pH

Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral).

2. Pengaruh Temperatur

Pada temperatur yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.

3. Dosis Koagulan

4. Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflok yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.

5. Pengadukan (*mixing*)

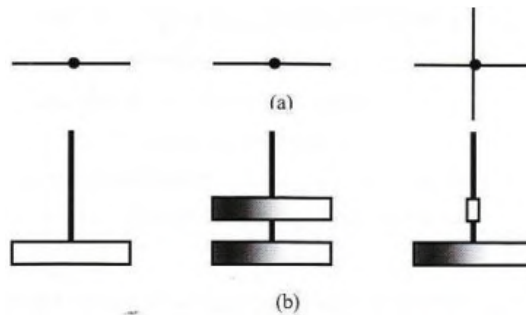
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflok. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.

6. Pengaruh Garam

Garam-garam ini dapat mempengaruhi proses suatu penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda-beda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion akan semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe

dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibandingkan dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Sutrisno, 1992).

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatik. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling).



**Gambar 2.13** Tipe Paddle

(a) Tampak Atas (b) Tampak Samping

(Sumber : Masduqi & Assomadi, 2012 Hal. 112)



**Gambar 2.14** Tipe Turbin

(Sumber : Qasim, et al., 2000)



**Gambar 2.15** Tipe Propeller

(Sumber : Qasim, et al., 2000)

**Tabel 2.8** Konstanta KL dan KT

| Jenis Impeller                                       | KL    | KT   |
|------------------------------------------------------|-------|------|
| Propeller, pitch of 1, 3 blades                      | 41,0  | 0,32 |
| Propeller, pitch of 2, 3 blades                      | 43,5  | 1,00 |
| Turbine, 4 flat blades, vaned disc                   | 60,0  | 5,31 |
| Turbine, 6 flat blades, vaned disc                   | 65,0  | 5,75 |
| Turbine, 6 curved blades                             | 70,0  | 4,80 |
| Fan turbine, 6 blades at 45°                         | 70,0  | 1,65 |
| Shrouded turbine, 6 curved blades                    | 97,5  | 1,08 |
| Shrouded turbine, with stator, no baffles            | 172,5 | 1,12 |
| Flat paddles, 2 blades (single paddles), $D_i/W_i=4$ | 43,0  | 2,25 |
| Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=6$                  | 36,5  | 1,70 |
| Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=8$                  | 33,0  | 1,15 |
| Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i=6$                  | 49,0  | 2,75 |
| Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i=8$                  | 71,0  | 3,82 |

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996. Hal. 188)

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Pada flokulasi, kontak antar partikel melalui tiga mekanisme, yaitu:

1. Thermal motion, yang dikenal dengan Brownian Motion atau difusi atau disebut sebagai Flocculation Perikinetik.
2. Gerakan cairan oleh pengadukan

### 3. Kontak selama pengendapan (Marsono, 2002)

Pengadukan lambat (agitasi dan stirring) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi kesempatan kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, untuk memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil dan mencegah pecahnya flok yang sudah terbentuk.

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik<sup>-1</sup>) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar.

#### **2.3.6 Sedimentasi**

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum dimana air yang masuk akan melalui zona inlet, zona pengendap, dan zona sludge. Pada zona pengendap partikel – partikel pencemar secara gravitasi akan turun ke bawah sehingga kadar TSS akan berkurang. Song et al., 2000 menyatakan unit sedimentasi juga bisa mengurangi kadar BOD. BOD (Biological Oxygen Demand) merupakan kebutuhan oksigen terlarut dalam air yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam mengurai senyawa organik. Peningkatan nilai BOD yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh senyawa organik yang terkandung dalam sampel limbah cair laboratorium telah habis dikonsumsi sehingga mikroorganisme kehabisan makanan lalu mengalami kematian yang kemudian ikut terukur sebagai BOD (Rizkia Widyawati et al., 2015). Penambahan V-notch pada zona outlet bertujuan untuk mengendalikan kontak antara udara dengan air baku. Proses kontak dengan udara tersebut akan mempengaruhi mikroorganisme sehingga kadar parameter BOD dapat menurun (Santoso, 2018).

Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah:

- a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
- c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan. Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi.

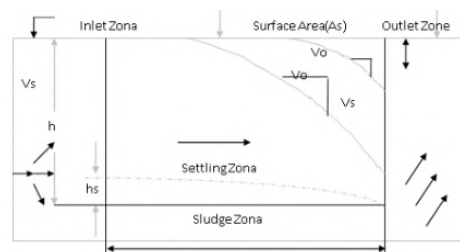
Keempat kelas itu adalah:

- Pengendapan Tipe I (Free Settling)
- Pengendapan Tipe II (Flocculent Settling)
- Pengendapan Tipe III (Zone/Hindered Settling)
- Pengendapan Tipe IV (Compression Settling)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

1. Zona Inlet
2. Zona Outlet
3. Zona Settling
4. Zona Sludge

Adapun zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini :



**Gambar 2.16** Zona Pada Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla, Water Supply Engineering Design)

Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

- Zona Inlet = Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ( $\pm 25\%$  panjang bak)
- Zona Settling = Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
- Zona Sludge = Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada 1/5 volume bak.
- Zona Outlet = Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan :

a. Horizontal - flow Sedimentation

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi panjang yang tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanik mempunyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahan kekeruhan, laju aliran yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secara tiba-tiba. Sedangkan pada bentuk yang circular biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona settling melalui baffle/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona outlet.

Beberapa keuntungan horizontal-flow dibandingkan dengan up flow adalah:

- Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air
- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
- Biaya konstruksi murah
- Operasional dan perawatannya mudah

b. Upflow Sedimentation

Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidak bisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Bila dalam suatu bangunan pengolahan air lahannya terbatas bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relatif kecil.

### **2.3.7 Filtrasi**

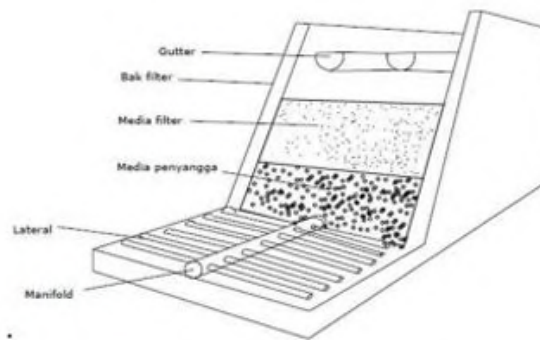
Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri.

Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah:

1. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter.
2. Proses sedimentasi di dalam filter.
3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.
4. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik.
5. Proses koagulasi di dalam filter.
6. Proses biologis di dalam filter.
7. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter.

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini.



**Gambar 2.17** Bagian-Bagian Filter

(Sumber : Reynold & Richards, 1996)

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain rapid sand filter, slow sand filter, pressure sand filter, multiple media filters, diatomaceous earth filters, upflow filters dan lain sebagainya.

Menurut Al-Layla (1978), pada proses purifikasi air, rapid sand filters memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan slow sand filters. Kecepatan pada rapid sand filters ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45-0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80 cm. Proses backwash pada rapid sand filter berbeda dengan slow sand filter. Pada rapid sand filters waktu backwash ditentukan dari head loss filter saat itu.

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan.

1. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau rapid sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5- 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171).

2. Filter Pasir Lambat

Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau schmutzdecke. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. Schmutzdecke adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176)

3. Filter Bertekanan

Filter bertekanan (pressure filter) pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama dengan filter gravitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati media berbutir dan terjadi penyaringan secara fisik. Pada filter cepat dan filter lambat, aliran air melewati media berbutir hanya didorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada filter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karena itu tangki

dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki.

#### 4. Hidrolika Pencucian (Backwash)

Setelah digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Tersumbatnya media filter ditandai oleh :

- Penurunan kapasitas produksi
- Peningkatan kehilangan energi (head loss) yang diikuti oleh kenaikan muka air di atas media filter
- Penurunan kualitas produksi

Tujuan pencucian filter adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (upflow) hingga media terekspansi. Umumnya tinggi sebesar 15 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit.

### 2.3.8 Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu proses dalam pengolahan air minum yang berfungsi untuk membunuh organisme patogen yang masih terdapat dalam air olahan. Yang terjadi dalam proses ini adalah dengan menambahkan bahan kimia yang mempunyai kemampuan membasmi bakteri patogen seperti klor. Dalam perencanaan ini digunakan bahan kimia klor sebagai desinfektan. Bak ini sebagai tempat kontak antara klor dengan air hasil pengolahan sehingga persyaratan bakteriologis dapat terpenuhi. Senyawa klor yang sering digunakan adalah  $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$  yang ada dipasaran dikenal dengan kaporit. Senyawa ini mengandung kurang lebih 60% chlor. Untuk dapat merencanakan bak klorinasi maka terlebih dahulu harus ditentukan dosis klor yang dibutuhkan. Bak ini sebagai tempat pembubuhan desinfektan sehingga terjadi kontak antara air yang telah diolah dengan desinfektan. Chlorin  $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$  merupakan salah satu desinfektan kimia yang umum digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air buangan.

Karakteristik desinfektan yang baik:

1. Efektif membunuh mikroorganisme patogen

2. Tidak beracun bagi manusia/hewan domestik
3. Tidak beracun bagi ikan dan spesies akuatik lainnya
4. Mudah dan aman disimpan, dipindahkan, dibuang
5. Rendah biaya
6. Analisis yang mudah dan terpercaya dalam air
7. Menyediakan perlindungan sisa dalam air minum

Ada banyak hal yang mempengaruhi proses desinfeksi, diantaranya adalah

- oksidan kimia
- iradiasi
- pengolahan termal
- pengolahan elektrokimia.

Jenis-jenis desinfeksi:

- Desinfeksi kimiawi, berupa oksidator seperti chlorine, ozon, dan kaporit
- Desinfeksi fisik, misalnya sinar ultraviolet

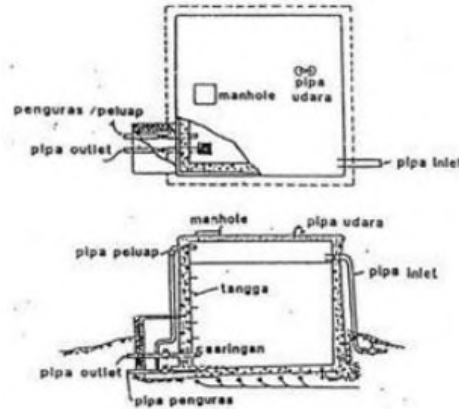
### **2.3.9 Reservoir**

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya Reservoir ini diperlukan pada suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik. Fungsi utama dari Reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air.

Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam Reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air. Berdasarkan tinggi relatif Reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis Reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

### 1. Reservoir Permukaan (Ground Reservoir)

Reservoir permukaan adalah Reservoir yang sebagian besar atau seluruh Reservoir tersebut terletak di bawah permukaan tanah.



**Gambar 2.18** Reservoir Permukaan

### 2. Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

Reservoir menara adalah Reservoir yang seluruh bagian penampungan dari Reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



**Gambar 2.19** Reservoir Menara

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis Reservoir dapat dibagi menjadi 3 yaitu :

#### 1. Reservoir tangki baja

Banyak Reservoir menara dan “standpipe” atau Reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibuat atau dilas. Karena baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas, maka

perlu dicat dan dilindungi dengan “Cathodic Protection”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari tangki beton.



**Gambar 2.20** Reservoir Tangki Baja

## 2. Reservoir beton cor

Tangki dan Reservoir beton pertama kali dibuat tanpa penutup. Perkembangan selanjutnya konstruksi ini memakai penutup dari kayu atau beton. Dengan tutup ini maka masalah sanitasi akan terselesaikan. Kelebihan dari menggunakan beton cor adalah kedap air dan tidak mudah bocor. Kelemahan umum dari bahan beton adalah biaya konstruksi yang relatif lebih tinggi.



**Gambar 2.21** Reservoar Beton Cor

## 3. Reservoir fiberglass

Penggunaan fiberglass sebagai bahan untuk membuat Reservoir memiliki beberapa kelebihan seperti ringan, tekstur dinding tangki kaku dan terlihat kuat. Namun dari kelebihan yang dimiliki, adapun kekurangan yang dimiliki yaitu rentan terhadap benturan dan

dinding tanki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari



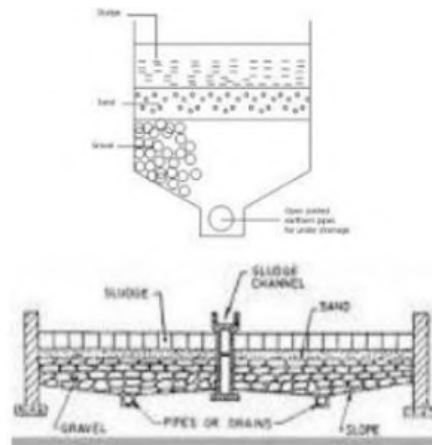
**Gambar 2.22** Reservoir Fiberglass

### **2.3.10 Sludge Drying Bed**

Sludge Drying Bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur / sludge dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur / sludge diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan lumpur yang berkisar antara 200-300 mm. Selanjutnya lumpur tersebut dibiarkan mengering. Pengurangan kadar air dalam sludge drying bed terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari sludge drying bed diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. Oleh karena itu, kecermatan dalam penentuan dimensi pipa drainase sangat dibutuhkan. Sludge drying bed pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan open join). (Metcalf & Eddy, 2003) Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m.

Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada sludge drying bed. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230-300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur/sludge ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada

media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki effective size antara 0,3-0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan sludge drying bed. (Metcalf & Eddy, 2003)



**Gambar 2.23** Sludge Drying Bed

Pipa inlet pada bangunan sludge drying bed harus dirancang dengan kecepatan minimal 0,75 m/s dan memungkinkan untuk terjadinya proses pengurasan pada saluran drainase. Pipa besi dan PVC merupakan jenis pipa yang paling sering digunakan. Sistem penyaluran sludge dilakukan dengan mengalirkan air tegak lurus dengan posisi sludge drying bed guna mengurangi kecepatan alir saat sludge memasuki bangunan pengering. (Metcalf & Eddy, 2003)

Padatan pada sludge drying bed hanya dapat dikuras dari bangunan sludge drying bed setelah sludge mengering. Sludge / lumpur yang telah mengering memiliki ciri yaitu memiliki permukaan yang terlihat retak dan mudah hancur serta berwarna hitam atau coklat gelap. Kadar air yang terkandung dalam sludge / lumpur yang telah mengering berkisar pada 60% pada rentang antara 10-15 hari. Proses pengurasan dapat dikatakan selesai apabila sludge / lumpur telah dikeruk menggunakan scrapper atau secara manual dan diangkut menggunakan truk keluar dari lokasi pengolahan (Metcalf & Eddy, 2003).

Sludge drying bed yang sedang digunakan untuk proses pengeringan lumpur hendaknya ditutup guna mengisolasi dan mengantisipasi 35 tersebar nya bau yang mungkin ditimbulkan. Akan tetapi, apabila reactor dirancang untuk dibiarkan terbuka, hendaknya reaktor sludge drying bed dibangun pada jarak minimal 100 m dari lokasi hunian penduduk guna mengantisipasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh bau (Metcalf & Eddy, 2003).

Daya tampung sludge drying bed dihitung berdasarkan perbandingan area per kapita dengan satuan sludge / lumpur kering dalam kg per meter persegi per tahun ( $\text{kg/m}^2\cdot\text{tahun}$ ). Data tipikal untuk variasi sludge / lumpur yang dihasilkan akan ditunjukkan berikut ini.

## **2.4 Aksesoris Perancangan Bangunan**

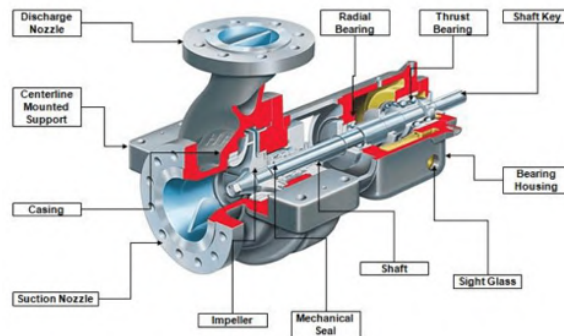
### **1. Pompa**

Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari satu tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan digunakan untuk mengatasi hambatan pengaliran yang berupa perbedaan tekanan, ketinggian, atau hambatan gesek. Pada prinsipnya pompa dapat mengubah energi mekanik menjadi energi aliran fluida, energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui. Pompa memiliki dua kegunaan, yaitu untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lainnya dan untuk mensirkulasikan cairan sekitar system. Pompa sendiri memiliki bermacam-macam jenis, yaitu:

#### **- Sentrifugal Pump**

Sentrifugal Pump merupakan pompa dengan susunan atas sebuah impeller dan saluran inlet di tengah-tengahnya. Ketika impeller berputar, fluida akan mengalir menuju casing di sekitar impeller sebagai akibat dari gaya sentrifugal. Penggunaan pompa sentrifugal di dunia mencapai angka 80% karena penggunaannya yang cocok

untuk mengatasi jumlah fluida yang besar daripada pompa positive-displacement.



**Gambar 2.24** Sentrifugal Pump

Sumber: <https://serviceacjogja.pro/pompa-sentrifugal/>

- Rotary Pump

Rotary Pump adalah pompa yang menggerakkan fluida dengan menggunakan prinsip rotasi. Vakum terbentuk oleh rotasi dari pompa dan selanjutnya menghisap fluida masuk. Keuntungan dari pompa ini adalah efisiensi yang tinggi karena secara natural dapat mengeluarkan udara dari pipa alirannya, serta dapat mengurangi kebutuhan pengguna untuk mengeluarkan udara tersebut secara manual. Dan untuk kelemahan dari pompa ini adalah apabila pompa bekerja pada kecepatan yang terlalu tinggi, maka fluida kerjanya justru dapat menyebabkan erosi pada sudut-sudut pompa.



**Gambar 2.25** Rotary Pump

Sumber: (Rotary displacement pumps | The Best Chemical Handling Pumps-IWAKI ([iwakipumps.jp](http://iwakipumps.jp)))

- Gear Pump

Gear Pump merupakan jenis pompa roda gigi positif yang dapat memindahkan cairan dengan berulang kali menutup volume tetap menggunakan roda gigi yang saling mengunci, dan mentransfernya secara mekanis menggunakan pemompaan siklik yang memberikan aliran pulsa halus mulus sebanding dengan kecepatan rotasi gir-nya.

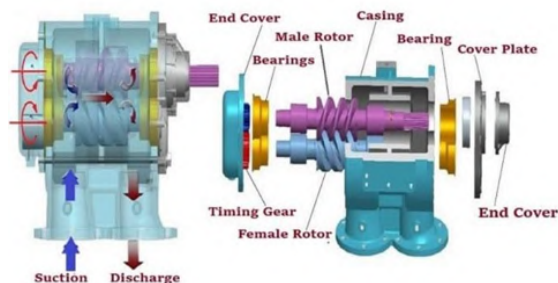


**Gambar 2.26** Gear Pump

Sumber: <https://caramesin.com/cara-kerja-pompa-rotary/>

- Screw Pump

Screw Pump merupakan pompa yang digunakan untuk menangani cairan yang mempunyai viskositas tinggi, heterogen, sensitive terhadap geseran dan cairan yang mudah berbusa. Prinsip kerja Screw ditemukan oleh seorang engineer prancis bernama Rene Moineau, sehingga sering disebut juga dengan Moineau pump.



**Gambar 2.27** Screw Pump

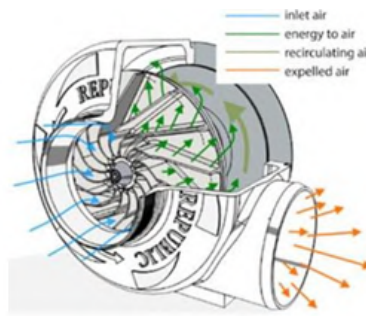
Sumber: <https://caramesin.com/cara-kerja-pompa-rotary/>

## 2. Blower

Blower merupakan mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan dan sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Blower juga merupakan mesin yang memampatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ketekanan akhir melebihi dari 40 psig. Menurut klasifikasinya blower dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

- Blower Sentrifugal

Blower Sentrifugal merupakan blower dengan memiliki impeller yang dapat berputar hingga 15.000 rpm. Blower sentrifugal dapat beroperasi melawan tekanan 0,35 sampai 0,70 kg/cm<sup>2</sup>



**Gambar 2.28 Blower Sentrifugal**

**Sumber:**

<https://sarmansilverius.blogspot.com/2017/05/prinsip-kerja-blower-centrifugal.html>

- Blower Positive Displacement

Blower Positive Displacement merupakan blower yang memiliki rotor yang menjebak udara dan mendorongnya melalui rumah blower. Blower ini menyediakan volume udara yang konstan bahkan jika tekanan sistemnya bervariasi. Blower ini berputar lebih pelan daripada blower sentrifugal hanya 3.600 rpm. Dan sering digerakkan oleh belt untuk memfasilitasi perubahan kecepatan.



**Gambar 2.29** Blower Positive Displacement

**Sumber:**

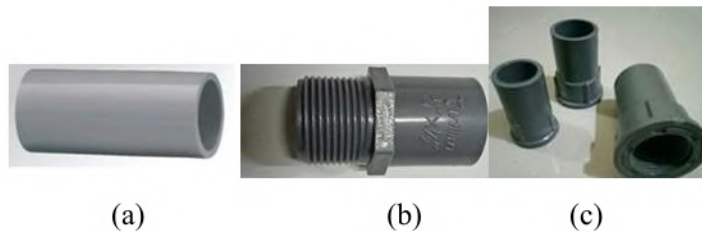
<https://www.industry-plaza.com/positive-displacement-blower-series-gm-p233494.html>

### 3. Pipa

Dalam membangun sebuah sistem jaringan saluran air yang ideal maka dibutuhkan dukungan aksesoris pipa yang tepat. Fungsi dari aksesoris pipa adalah untuk membangun jalur belokan, membangun jalur percabangan, mendukung metode penyambungan, dan menyambung antar pipa. Adapun aksesoris yang dimiliki pipa terdiri dari:

- Shock pipa/Socket Shock pipa/Socket merupakan aksesoris untuk menyambung pipa yang bertujuan untuk memperpanjang pipa dengan menyambung lurus satu pipa dengan pipa lainnya. Aksesoris ini biasa digunakan untuk menyambung pipa dengan diameter yang sama, dengan ulir yang berada di dalam. Shock pipa terbagi menjadi beberapa jenis seperti:
  1. Shock pipa PVC polos, yang digunakan untuk menyambung dua pipa PVC dengan ujungnya tidak ada ulir atau drat.
  2. Shock pipa drat luar, pada kedua ujung shock nya memiliki ulir/drat. Shock pipa jenis ini biasanya dikombinasikan dengan shock pipa drat dalam.
  3. Shock pipa drat dalam, pada kedua ujung shock nya memiliki ulir/drat. Shock pipa jenis ini biasanya

dikombinasikan dengan shock pipa drat luar ataupun konektor penyambung selang.



**Gambar 2.30** (a) shock pipa polos (b) Shock pipa drat luar  
(c) shock pipa drat dalam

**Sumber:**

<https://mengalirjauh.blogspot.com/2019/04/mengenal-jenis-jenis-aksesoris-pipa-pvc.html>

- Elbow

Elbow merupakan aksesoris perpipaan yang memiliki bentuk mirip dengan huruf “L” atau berbentuk siku (Elbow). Aksesoris ini berfungsi untuk membelokkan aliran. Aksesoris ini memiliki kombinasi sudut bervariasi yang paling sering dipakai adalah 90° dan 45°.

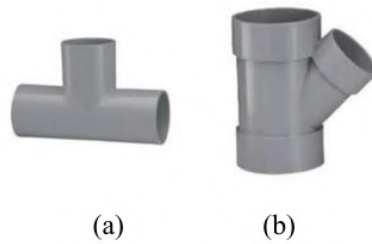


**Gambar 2.31** Elbow 90° dan 45°

**Sumber:** <https://id.aliexpress.com/item/4000021857235.html>

- Tee

Tee merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk membagi aliran lurus menjadi dua arah, ke kanan dan kiri. Seperti namanya aksesoris tee 49 berbentuk seperti huruf “T”, namun ada beberapa kasus Tee berbentuk seperti huruf “Y”, banyak orang menyebutnya Y-Branch.



**Gambar 2.33** (a) Tee bentuk T (b) Y branch

**Sumber:**

<https://www.minapoli.com/indah-sari-windu-isw/pipa-tee-aw>

- Reducer

Reducer merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk menyambung dua pipa dengan diameter berbeda. Reducer ini terbagi menjadi dua tipe, yakni reducer elbow untuk membelokkan aliran dan reducer socket untuk memperpanjang pipa dengan sambungan lurus.



**Gambar 2.33** Reducer

**Sumber:**

<https://www.bukalapak.com/p/industrial/industrial-lainnya/dqtono-jual-vlok-sok-pvc-rucika-d-tipis-4-inci-reducer-socket-pvc>

- Dop/plug/cap/clean out

Dop/plug/cap/clean out merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk menutup saluran pipa pada ujung pipa yang tidak dihubungkan lagi. Cap adalah penutup yang lebih simpel dari yang lain, Plug adalah penutup yang sangat rapat dengan sistem ulir/drat, clean out adalah penutup yang dapat ditutup dan dibuka sesuka hati. Namun kebanyakan kontraktor memilih untuk menutup ujung

pipa dengan kran, agar sewaktu waktu ujung pipa dapat digunakan dan bermanfaat.



**Gambar 2.34** Dop/plug/cap/clean out

**Sumber:**

<https://www.indiamart.com/proddetail/pvc-pipe-plug-16895420588.html>

- Flange

Flange adalah sebuah komponen yang digunakan untuk menyambungkan dua elemen antara pipa dengan valve, atau pipa dengan equipment lainnya menjadi satu kesatuan yang utuh dengan menggunakan baut sebagai perekatnya. Tujuan penggunaan flange adalah agar pipa dan valve bisa disambungkan dan kelak bisa dilepas untuk memudahkan dalam perbaikan dan penggantian equipment tanpa merusak komponen dan peralatan terkait.



**Gambar 2.35** Flange Pipa

**Sumber :** <https://yenaengineering.nl/pipe-flange/>

## 2.5 Persen Removal

Berdasarkan studi literatur yang telah kami kumpulkan, diperoleh rangkuman % penyisihan untuk unit pengolahan beserta keseluruhan parameter dalam air sehingga dapat diolah dalam bangunan pengolahan air minum yang telah direncanakan. Berikut rangkuman % penyisihan air beserta sumber yang tertera:

**Tabel 2.9** Persen Removal

| UNIT                    | REMOVAL                                   | % REMOVAL              | SUMBER                                                                                                                  |
|-------------------------|-------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Canal Intake dan Screen | Partikel Besar yang ikut terbawa air baku | -                      | -                                                                                                                       |
| Prasedimentasi          | Kekeruhan                                 | (65 – 80%)             | (Reynolds/Richards 2nd, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i> , page 130)                   |
| Aerasi                  | NH <sub>3</sub> (Amonia)                  | (90 - 95 %)            | (Ririn Arifah, 2016, <i>Ammonia removal from ammonia-rich wastewater by air stripping using a rotating packed bed</i> ) |
|                         | DO                                        | Penambahan DO = 3 mg/L | (Ali Masduqi, Operasi dan                                                                                               |

|                        |                                     |             |                                                                                                       |
|------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                        |                                     |             | proses pengolahan air.<br>Hal 216)                                                                    |
| Koagulasi<br>Flokulasi | Penambahan<br>Koagulan<br>PAC/Tawas |             |                                                                                                       |
| Sedimentasi            | Kekeruhan                           | (80 - 90%)  | (Droste, Ronald L, 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i> . Hal 224)      |
| Filtrasi               | Kekeruhan                           | (90%)       | (Reynolds/Richards 2nd, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i> , page 316) |
| Desinfeksi             | Desinfeksi                          | (90 - 100%) | (Droste, 1997 <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i> hal.224 & 225)             |

Sumber: (Hasil Analisis, 2025)

## 2.6 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing masing mulut instalasi titik profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (headlos) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan titik berat tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bak masing masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini.

Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan atau head tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran titik head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan haid tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut :

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu :

- a. Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- b. Kehilangan tekanan pada bak
- c. Kehilangan tekanan pada pintu
- d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus dihitung secara khusus.

2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut :

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William”  $Q$  atau  $V$  diketahui maka  $S$  didapat dari monogram.

b. Kehilangan tekanan pada aksesoris

Cara yang mudah adalah dengan meng ekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S.

c. Kehilangan tekanan pada pompa

Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.

d. Kehilangan tekanan pada flok

Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok. Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

3. Tinggi muka air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara :

a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.

b. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air pada clear well.

c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.

Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.

## 2.7 BOQ dan RAB

BOQ (*Bill of Quantity*) adalah perincian jumlah dari seluruh peralatan dan pekerjaan yang dibutuhkan di dalam perencanaan, sedangkan RAB (Rencana Anggaran Biaya) adalah biaya yang diperlukan dalam pengadaan peralatan dan biaya pembayaran tenaga kerja. RAB adalah rencana pengeluaran biaya (uang) terhadap suatu usaha, pekerjaan atau proyek yang disusun secara terperinci. Rencana anggaran biaya merupakan pedoman dalam mengeluarkan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan yang dilakukan yang tertera dalam anggaran tersebut. Tujuan dari pembuatan BOQ dan RAB adalah sebagai perhitungan awal untuk mengetahui dan memperkirakan jumlah biaya yang harus dipersiapkan (Kustamar, 2020) .

Pada *Bill of Quantity* terdapat beberapa kolom yang memiliki fungsi dan peranan masing-masing. Kolom-kolom tersebut adalah kolom nomor, uraian, volume, unit, harga satuan, dan jumlah. Kolom nomor menunjukkan kode atau nomor urut tiap kelompok pekerjaan konstruksi. Pemberian kode ini bertujuan untuk mempermudah estimator maupun pihak pengguna yang lain dalam melakukan pencarian dan pengecekan terhadap pengukuran yang telah dilakukan. Kolom uraian berisi tentang penjelasan mengenai jenis pekerjaan. Kolom uraian harus dapat memberikan informasi yang jelas, agar memudahkan estimator dalam melakukan pengecekan, pengeditan, dan perbaikan.